

C5

1469

```

===== WPI =====
TI - Mfr. of low-alloy steel, for rotating material - by normalising low-alloy
steel, and tempering, and used in stream turbine rotor
AB - J08246096 The low-alloy steel contg.: (in wt.%): 0.02-0.2C; 0.05-0.7 Si;
0.1-1.5 Mn; 0.01-1 Ni; 0.8-3.5 Cr; 0.1-3 W; 0.01-0.5 V; 0.01-0.2 Nb; 0.
005-0.03 N; 0.001-0.01 B; Fe and impurities as the balance, is normalised,
tempered at lower than 700deg.C, to give the low-alloy steel for rotating
material having a tensile strength of more than 75 kgf mm2.
- USE - The low-alloy steel is used rotating material in steam turbine
rotor for hot power generation.
- (Dwg.0/0)
PN - JP8246096 A 19960924 DW199648 C22C38/00 006pp
PR - JP19950048177 19950308
PA - (MITO ) MITSUBISHI JUKOGYO KK
- (SUMQ ) SUMITOMO METAL IND LTD
MC - M24-D02 M27-B04 M27-B04B M27-B04C M27-B04M M27-B04N M27-B04S M27-B04T
DC - M24 M27
IC - C22C38/00 ;C22C38/54
AN - 1996-482557 [48]
===== PAJ =====
TI - LOW ALLOY STEEL FOR ROTARY BODY
AB - PURPOSE: To produce a low alloy steel for a rotary body applicable to a
steam turbine rotor for thermal power generation or the like.
- CONSTITUTION: (1) This low alloy steel for a rotary body excellent in
high temp. strength is the one having a compsn. contg., by weight, 0.02
to 0.2% C, 0.05 to 0.7% Si, 0.1 to 1.5% Mn, 0.01 to 1% Ni, 0.8 to 3.5% Cr,
0.1 to 3% W, 0.01 to 0.5% V, 0.01 to 0.2% Nb, 0.005 to 0.03% N, 0.001 to
0.01% B, and the balance iron with inevitable impurities and obtd. in
such a manner that it is tempered at <=700 deg.C after normalizing to
regulate its tensile strength at an ordinary temp. to <=75kgf/mm<2> . (2)
This low alloy steel for a rotary body excellent in high temp. strength
is the one having a compsn. contg. one or more kinds selected from the
group consisting of La, Ca, Y, Ce, Ti, Zr and Ta respectively by 0.01 to
0.2% in addition to the same components and obtd. in such a manner that
it is tempered after normalizing to regulate its tensil strength at an
ordinary temp. to >=75kgf/mm2 .
PN - JP8246096 A 19960924
PD - 1996-09-24
ABD - 19970131
ABV - 199701
AP - JP19950048177 19950308
PA - MITSUBISHI HEAVY IND LTD;SUMITOMO METAL IND LTD
IN - KOMAI NOBUYOSHI;MASUYAMA FUJIMITSU;YOKOYAMA TOMOMITSU;ISEDA ATSURO
I - C22C38/00 ;C22C38/54

```

claim  
27, 37  
27, 1

0.02 - 0.2	C	0.01 - 1.2N
0.05 - 0.7	Si	
0.1 - 1.5	Mn	
0.8 - 3.5	Cr	
0.01 - 0.5	V	
0.1 - 3	W	
	Mo	
	Ti	
0.01 - 0.2	Nb	
0.005 - 0.03	N	
0.001 - 0.01	B	
	Fe	

**This Page Blank (uspto)**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-246096

(43) 公開日 平成8年(1996)9月24日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C 2 2 C 38/00 38/54	3 0 1		C 2 2 C 38/00 38/54	3 0 1 A

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平7-48177

(22) 出願日 平成7年(1995)3月8日

(71) 出願人 000006208

三菱重工業株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目5番1号

(71) 出願人 000002118

住友金属工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

(72) 発明者 駒井 伸好

長崎県長崎市深堀町五丁目717番1号 三

菱重工業株式会社長崎研究所内

(72) 発明者 増山 不二光

長崎県長崎市深堀町五丁目717番1号 三

菱重工業株式会社長崎研究所内

(74) 代理人 弁理士 内田 明 (外2名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 回転体用低合金鋼

(57) 【要約】

【目的】 火力発電用蒸気タービンロータなどに適用できる回転体用低合金鋼に関する。

【構成】 ① 重量%でC:0.02~0.2%、Si:0.05~0.7%、Mn:0.1~1.5%、Ni:0.01~1%、Cr:0.8~3.5%、W:0.1~3%、V:0.01~0.5%、Nb:0.01~0.2%、N:0.005~0.03%、B:0.001~0.01%を含み残部は鉄及び不可避免的不純物からなり、焼きならし後、700℃以下で焼戻し、常温の引張強さが75kgf/mm<sup>2</sup>以上である高温強度の優れた回転体用低合金鋼及び② 上記①の成分に加えてそれぞれ0.01~0.2重量%のLa、Ca、Y、Ce、Ti、ZrおよびTaからなる群から選択した1種以上を含有する焼きならし後、700℃以下で焼戻し、常温の引張強さが75kgf/mm<sup>2</sup>以上である高温強度の優れた回転体用低合金鋼。

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 重量%でC:0.02~0.2%、Si:0.05~0.7%、Mn:0.1~1.5%、Ni:0.01~1%、Cr:0.8~3.5%、W:0.1~3%、V:0.01~0.5%、Nb:0.01~0.2%、N:0.005~0.03%、B:0.001~0.01%を含み残部は鉄及び不可避的不純物からなり、焼きならし後、700℃以下で焼戻し、常温の引張強さが75kgf/mm<sup>2</sup>以上であることを特徴とする高温強度の優れた回転体用低合金鋼。

【請求項2】 請求項1の成分に加えてそれぞれ0.01~0.2重量%のLa、Y、Ce、Ti、ZrおよびTaからなる群から選択した1種以上を含有する、焼きならし後、700℃以下で焼戻し、常温の引張強さが75kgf/mm<sup>2</sup>以上であることを特徴とする高温強度の優れた回転体用低合金鋼。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は火力発電用蒸気タービンロータなどに適用できる回転体用低合金鋼に関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年、省エネルギー及び経済性の面からロータ材の特性への要求も厳しくなり、それに合わせて材料開発が行われてきた。ロータ材に求められる特性としては引張強さ、クリープ強度、破壊靱性等であり、現在使用されている主要な低合金鋼としてはクリープ強度が要求される高圧用として1Cr-Mo-V鋼などが、また引張強度と破壊靱性が要求される低圧用として2.5Cr-Mo-V鋼などが使用されている。プラントの大容量化にともない蒸気タービンの単機容量が大きくなり、材料技術においてもより高度なものが要求されるようになってきている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】本発明はロータ材に要求される常温での引張強さ、破壊靱性、クリープ強度に優れ、かつ経済的な低合金鋼を提供するものである。

## 【0004】

【課題を解決するための手段】以下に示す成分と熱処理により、回転体用部材として常温引張強さ、破壊靱性、クリープ破断強度に優れた材料を発明した。すなわち、本発明は① 重量%でC:0.02~0.2%、Si:0.05~0.7%、Mn:0.1~1.5%、Ni:0.01~1%、Cr:0.8~3.5%、W:0.1~3%、V:0.01~0.5%、Nb:0.01~0.2%、N:0.005~0.03%、B:0.001~0.01%を含み残部は鉄及び不可避的不純物からなり、焼きならし後、700℃以下で焼戻し、常温の引張強さが75kgf/mm<sup>2</sup>以上であることを特徴とする高温強度の優れた回転体用低合金鋼及び② 上記①の成分に加えてそれぞれ0.01~0.2重量%のLa、

2

Ca、Y、Ce、Ti、ZrおよびTaからなる群から選択した1種以上を含有する、焼きならし後、700℃以下で焼戻し、常温の引張強さが75kgf/mm<sup>2</sup>以上であることを特徴とする高温強度の優れた回転体用低合金鋼である。本発明の低合金鋼はそれぞれを構成する多数の合金成分の複合効果によって、総合的に優れた性能をもつのであるが、以下に各成分の作用とその含有量の選定理由を説明する。

## 【0005】

## 10 【作用】

C: CはCr、Fe、W、V、Nbと結合して炭化物を形成し、高温強度に寄与するとともに、それ自身がオーステナイト安定化元素として組織を安定化する。0.02%未満では炭化物析出が不十分で、かつδ-フェライト量が多くなり強度、靱性が不足になる。また、0.2%を超える場合は炭化物が過剰析出して鋼が著しく硬化し、加工性が悪くなる。そこで、Cの適正含有量を0.02~0.2%とする。

【0006】Si: Siは脱酸剤として働き、また耐水蒸気酸化特性を高める元素であるが、0.7%を超えると靱性が著しく低下し、強度に対しても有害である。とくに大型鍛鋼品では焼戻し脆化が問題となる。そこでSiの含有量を0.05~0.7%とする。

【0007】Mn: Mnは鋼の熱間加工性を改善し、組織の安定化に有効であるが、0.1%未満では十分な効果が得られず、1.5%を超えると鋼を硬化させ加工性を損なうとともに、Siと同様に焼戻し脆化感受性を高める。そこでMnの含有量を0.1~1.5%とする。

【0008】Ni: Niはオーステナイト安定化元素であり、かつ靱性改善に寄与するが、その含有量が1%を超えると高温クリープ強度を損なう。また経済性を鑑みても大量添加は不利である。従ってNiの含有量は0.01~1%とする。

【0009】Cr: Crは低合金鋼の耐酸化性、高温腐食性の点から不可欠な元素であり、その含有量が0.8%未満では十分な耐酸化性、高温腐食性が得られない。一方3.5%を超えると靱性、熱伝導性が低くなり低合金鋼の利点が少なくなる。従って、Crの含有量は0.8~3.5%とする。

【0010】W: Wは固溶強化および微細炭化物析出強化元素としてクリープ強度の向上に有効であり、0.1%未満では効果がなく、3%を超えると鋼を硬化させて加工性を損なうため0.1~3%の範囲とする。575℃以上の高温では、Wの含有量が多い方がクリープ強度は高い。

【0011】V: VはC、Nと結合してV(C、N)等の微細析出物を形成する。この析出物は高温での長時間クリープ強度の向上に大きく寄与するが、0.01%未満では十分な効果が得られず、0.5%を超える場合にはかえってクリープ強度を損なうため、Vの含有量は

50

3

0.01~0.5%とする。

【0012】Nb:NbはVと同様C、Nと結合してNb(C、N)を形成しクリープ強度に寄与する。特に600℃以下の比較的低温では著しい強度改善効果を示す。0.01%未満では上記の効果が得られず、また0.2%を超える場合は未固溶NbCが増え、クリープ強度と靱性を損なう。したがってNb含有量は0.01%~0.2%が適当である。

【0013】N:NbはV、Nbとの炭窒化物形成に必要で、0.005%未満ではその効果がない。しかしながら0.03%を超える場合は、組織が微細化するとともに窒化物が粗大化し、強度と靱性、加工性を損なう。そのため、Nの含有量は0.005~0.03%とする。

【0014】B:Bは極微量の添加により炭化物の分散、安定化させる効果がある。0.001%未満ではその効果が小さく、0.01%を超えると加工性を損なうから、Bの添加はその含有量を0.001%~0.01%とする。

【0015】上記の各成分の外に、次の成分を必要に応じて添加することができる。La、Ca、Y、Ce、Ti、ZrおよびTaは鋼中の不純物元素(P、S、O)とそれらの析出物(介在物)の形態制御を目的として添加できる。これらの元素のうち少なくとも1種をそれぞれの元素について0.01%以上添加することによって不純物であるO、P、Sと安定で無害な化合物として固定、清浄化し、強度と靱性を向上させる。しかしそれぞれ0.2%を超えると析出物(介在物)が増加し、かえって靱性を損なうので各々の含有量は0.01~0.2%とする。

【0016】本発明の鋼は前述の成分のほか、残部はFeと不可避の不純物からなる。鋼の不純物として代表的なものはP、Sである。Pは0.025%以下、Sは0.015%以下に抑えるのが望ましい。これらはいずれも靱性、加工性に有害な元素で、Sが極微量であっても粒界やCr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>スケール皮膜を不安定にし、強度、

4

靱性、加工性劣化の原因となるから、上記の許容上限値以下でもできるだけ少ないほうがよい。

【0017】上記の成分により焼きならし後、700℃以下で焼戻すことで、高速回転するロータがタービン翼から受ける引張応力に耐えうる常温で引張強さ75kgf/mm<sup>2</sup>以上の機械的性質をもつようになる。

【0018】

【実施例】表1に本発明鋼と比較鋼の化学成分および焼戻温度を示す。比較鋼の内I1~N2で示す鋼はI3~N5の本発明鋼と同成分とし、焼戻温度を変えたものである。A1鋼、A2鋼はSTBA24、B1鋼、B2鋼は高圧用ロータ材として使用されているASTM A470-8に準じた代表的なCr-Mo鋼である。

【0019】それぞれの供試鋼は高周波真空溶解炉でそれぞれ50kg溶解、鑄造後、1100℃で熱間鍛造を行い40×60×1000mmの角材とした。通常の熱処理(焼きならし、焼戻し)として比較鋼であるA1鋼~H2鋼はそれぞれ960℃で1時間保持後、空冷し、680℃と720℃の2種類の温度でそれぞれ1時間保持して空冷を行った。I1~N2は1040℃×1時間保持後、空冷した後、710℃と730℃で1時間保持後空冷した。本発明鋼のI3鋼~N5鋼は1040℃×1時間→空冷のあと、650℃~690℃の温度範囲で20℃刻み、3種類の焼戻温度にて1時間保持後、空冷した。

【0020】引張試験は試験形状をφ6mm×GL30mmとし、室温にて行った。クリープ破断試験としては引張試験片と同形状のφ6mm×GL30mmを用いて、500℃~600℃で最長10000時間程度の試験を行った。シャルピー衝撃試験はJIS4号試験片を用い、FATT(シャルピー衝撃試験片の脆性破面率が50%になる温度)を求めた。各供試鋼の試験結果を表2にまとめて示す。

【0021】

【表1】

10

20

30

表 1

	符号	焼戻温度 (°C)	C	Si	Mn	Ni	Cr	W	Mo	V	Nb	N	B	他
比較鋼	A1 A2	680 720	0.11 0.11	0.34 0.34	0.45 0.45	0.01 0.01	2.14 2.14	- -	0.98 0.98	- -	- -	0.02 0.02	- -	
	B1 B2	680 720	0.29 0.29	0.28 0.28	0.72 0.72	0.35 0.35	0.93 0.93	- -	1.22 1.22	0.21 0.21	- -	0.01 0.01	- -	
	C1 C2	680 720	0.28 0.28	0.24 0.24	0.51 0.51	0.02 0.02	2.10 2.10	- -	1.02 1.02	0.23 0.23	- -	0.02 0.02	- -	
	D1 D2	680 720	0.12 0.12	0.25 0.25	0.41 0.41	0.10 0.10	2.11 2.11	- -	0.99 0.99	0.24 0.24	0.06 0.06	0.01 0.01	- -	
	E1 E2	680 720	0.10 0.10	0.27 0.27	0.57 0.57	0.11 0.11	2.15 2.15	- -	0.95 0.95	0.24 0.24	0.07 0.07	0.01 0.01	- -	
	F1 F2	680 720	0.07 0.07	0.37 0.37	0.55 0.55	0.10 0.10	2.09 2.09	- -	0.95 0.95	0.23 0.23	0.06 0.06	0.03 0.03	- -	
	G1 G2	680 720	0.06 0.06	0.23 0.23	0.48 0.48	0.08 0.08	2.14 2.14	- -	1.03 1.03	0.23 0.23	0.04 0.04	0.03 0.03	- -	
	H1 H2	680 720	0.11 0.11	0.33 0.33	0.55 0.55	0.12 0.12	2.21 2.21	- -	0.98 0.98	0.25 0.25	0.05 0.05	0.03 0.03	- -	
	I1 I2	710 730	0.06 0.06	0.25 0.25	0.83 0.83	0.12 0.12	2.20 2.20	1.33 1.33	- -	0.25 0.25	0.06 0.06	0.02 0.02	0.003 0.003	
	J1 J2	710 730	0.04 0.04	0.23 0.23	0.52 0.52	0.11 0.11	2.24 2.24	1.53 1.53	- -	0.17 0.17	0.06 0.06	0.01 0.01	0.002 0.002	Ca=0.07, Ta=0.01 Ca=0.07, Ta=0.01
	K1 K2	710 730	0.12 0.12	0.27 0.27	0.47 0.47	0.09 0.09	3.02 3.02	1.91 1.91	- -	0.20 0.20	0.05 0.05	0.01 0.01	0.004 0.004	

【0022】

\* \* 【表2】

表 1 (続き)

	符号	焼戻温度 (°C)	C	Si	Mn	Ni	Cr	W	Mo	V	Nb	N	B	他
比較鋼	L1 L2	710 730	0.07 0.07	0.21 0.21	0.37 0.37	0.08 0.08	1.07 1.07	1.51 1.51	- -	0.23 0.23	0.09 0.09	0.01 0.01	0.003 0.003	La=0.08, Ce=0.04 La=0.08, Ce=0.04
	M1 M2	710 730	0.08 0.08	0.25 0.25	0.51 0.51	0.17 0.17	2.27 2.27	1.47 1.47	- -	0.25 0.25	0.07 0.07	0.01 0.01	0.005 0.005	Zr=0.05 Zr=0.05
	N1 N2	710 730	0.06 0.06	0.22 0.22	0.48 0.48	0.14 0.14	2.19 2.19	1.58 1.58	- -	0.23 0.23	0.06 0.06	0.01 0.01	0.004 0.004	Y=0.08, Ti=0.04 Y=0.08, Ti=0.04
本発明鋼	I3 I4 I5	650 670 690	0.06	0.25	0.83	0.12	2.20	1.33	-	0.25	0.06	0.02	0.003	
	J3 J4 J5	650 670 690	0.04	0.23	0.52	0.11	2.24	1.53	-	0.17	0.06	0.01	0.002	Ca=0.07, Ta=0.01
	K3 K4 K5	650 670 690	0.12	0.27	0.47	0.09	3.02	1.91	-	0.20	0.05	0.01	0.004	
	L3 L4 L5	650 670 690	0.07	0.21	0.37	0.08	1.07	1.51	-	0.23	0.09	0.01	0.003	La=0.08, Ce=0.04
	M3 M4 M5	650 670 690	0.08	0.25	0.51	0.17	2.27	1.47	-	0.25	0.07	0.01	0.005	Zr=0.05
	N3 N4 N5	650 670 690	0.06	0.22	0.48	0.14	2.19	1.58	-	0.23	0.06	0.01	0.004	Y=0.08, Ti=0.04

【0023】

\* \* 【表3】

表 2

	符号	引張強さ	0.2%耐力	伸 び	F A T T	クリープ破断強度 <sup>1)</sup>
		(kgf/mm <sup>2</sup> )	(kgf/mm <sup>2</sup> )	(%)	(℃)	(kgf/mm <sup>2</sup> )
比較鋼	A1	95.7	59.9	30.1	-19.0	12.4
	A2	72.9	60.3	20.1	-8.0	15.8
	C1	70.9	58.9	18.8	-22.0	12.8
	C2	68.4	57.9	18.8	-22.0	12.8
	D1	71.2	59.7	20.1	-13.0	12.4
	D2	73.0	58.8	20.8	-13.0	13.7
	F1	71.0	58.9	17.5	-13.0	14.8
	F2	71.0	58.9	17.5	-13.0	14.8
	G1	73.5	57.8	18.2	-19.0	12.7
	G2	73.8	58.8	22.3	-19.0	13.8
	I1	71.4	57.9	21.3	-13.0	13.8
	I2	71.4	57.9	21.3	-13.0	13.8
	K1	82.7	53.3	22.8	-19.0	15.6
	K2	82.7	53.3	22.8	-19.0	15.6
	L1	84.7	55.5	23.2	-38.0	12.9
	L2	84.7	55.5	23.2	-38.0	12.9
本発明鋼	M1	89.2	59.7	24.9	-23.0	13.3
	M2	89.2	59.7	24.9	-23.0	13.3
	N1	74.1	61.5	21.1	26.0	15.0
	N2	74.1	61.5	21.1	26.0	15.0
	J3	82.3	71.2	15.1	7.0	16.0
	J4	77.3	68.8	18.4	-3.0	16.7
	J5	81.2	71.0	19.3	15.0	17.0
	J6	78.5	68.8	18.0	-4.0	15.7
	K3	82.2	72.3	14.2	19.0	17.0
	K4	75.7	65.6	18.4	12.0	16.6
	L3	81.4	67.5	13.6	-9.0	16.8
	L4	78.1	65.0	21.7	-20.0	15.6
	M3	80.5	68.1	18.4	13.0	16.8
	M4	78.3	65.4	21.1	-13.0	15.7
	N3	80.2	70.3	13.4	5.0	18.2
	N4	78.6	68.0	18.3	-13.0	16.8
	N5	77.1	67.2	18.6	-17.0	17.8

1) 550℃×100000h、クリープ内外挿破断強度

【0024】本発明鋼の引張り強さはすべて比較鋼を上回っており、焼戻温度が低いほど引張強さが高くなる傾向が見られる。0.2%耐力についても同様の傾向が見られる。引張強さが大きいものほど、伸びは小さくなっており、引張強さが高い本発明鋼では比較鋼より全般的に伸びが小さいが、回転体用低合金鋼として要求される伸び特性は十分満たしている。靱性をあらかずF A T Tにおいては引張強さと逆に焼戻し温度が低くなるほどF A T Tが大きくなっているが、本発明鋼のF A T Tは室温以下の値を示しており、実用上なら問題のないレベルである。クリープ破断強度は比較鋼に比べて2～3 kgf/mm<sup>2</sup> 高い強度を示している。

【0025】以上具体的に示したとおり、本発明鋼は請\*

\* 求項に示した成分と700℃以下の焼戻熱処理により、回転体用低合金鋼として要求されている引張強さが75 kgf/mm<sup>2</sup> 以上で、かつ靱性および耐クリープ性にすぐれた特性を有することがわかる。

【0026】

【発明の効果】本発明によれば従来の低合金鋼では困難であった高温強度、靱性、耐クリープ特性を同時に満足する低合金鋼を提供することができる。この鋼は高温強度、靱性、耐クリープ性、経済性を兼ね備えた新しい材料として回転体用材料のみならず、耐熱耐圧部材として管、板、その他さまざまな形状の鍛鋼品等に広く適用できるものである。

フロントページの続き

(72)発明者 横山 知充  
東京都千代田区丸の内二丁目 5 番 1 号 三  
菱重工業株式会社本社内

(72)発明者 伊勢田 敦朗  
大阪府大阪市中央区北浜 4 丁目 5 番 33 号  
住友金属工業株式会社内